

# Environmentální aspekty průmyslových činností

## Výroba energie

(02b)

## Alternativní způsoby I

Ivan Holoubek

**RECETOX, Masaryk University, Brno, CR**

**holoubek@recetox.muni.cz; <http://recetox.muni.cz>**



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Alternativní způsoby výroby energie

	Experimentální	Poloprovaz	Prototyp	Průmyslově
Geotermální	X	X	X	X
E přílivu a odlivu	X	X	X	X
E mořských vln	-	~ 1990	1995 – 2000	> 2000
Větrná	X	X	1985	> 1995
Sluneční	x	1980 – 1985	~ 1985	> 1985
Jaderní štěpení – tepelné reaktory	X	X	X	X
- rychlé reaktory	X	X	X	X
Termojaderná fúze.	X	X	~ 1990	- 2000
Zplyňování uhlí	X	X	X	X
Vodíkové hospodářství	x	> 1985	~ 1990	> 2000
Fotosyntéza CH <sub>4</sub>	X	X	~ 1990	> 2000

# Předpokládaný příspěvek nových obnovitelných zdrojů energie

**Tabulka 2.4**

*Předpokládaný příspěvek nových obnovitelných zdrojů energie (OZE) a jejich podíl na všech primárních energetických zdrojích (PEZ) v roce 2020 podle WEC 2000*

Druh OZE	Minimum		Maximum	
	Mt <sub>oe</sub>	%	Mt <sub>oe</sub>	%
Biomasa	243	45	561	42
Solární energie	109	20	355	26
Jiné (vítr, geotermální, malé vodní elektrárny)	187	35	429	32
Celkem	539	100	1 345	100
Podíl ze všech PEZ (%)	3 až 4		8 až 12	

# Využití sluneční energie

## Výhody:

- ↪ prakticky nevyčerpatelné zdroje E
- ↪ čistý zdroj
- ↪ žádné palivové náklady

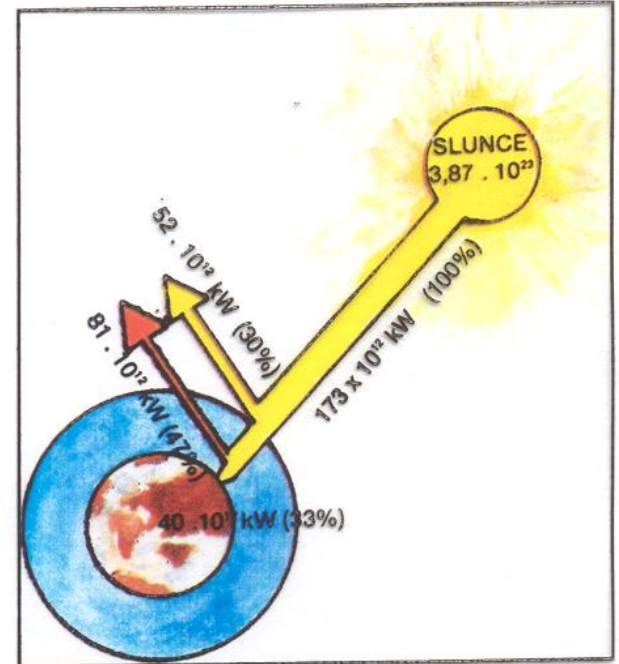
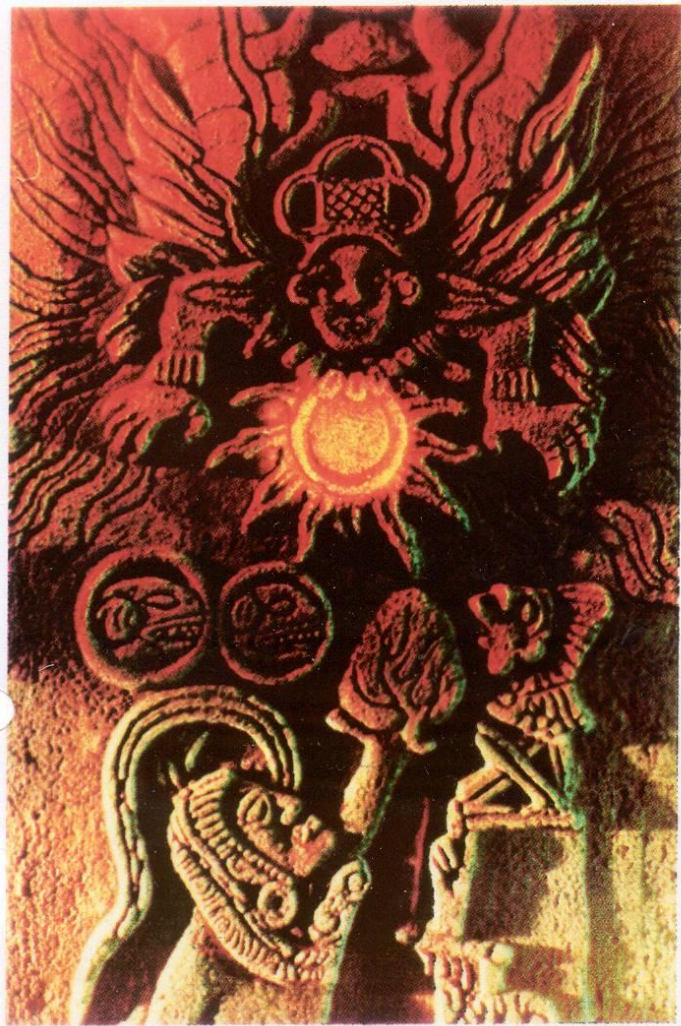
## Nevýhody:

- ↪ malá výkonová hustota
- ↪ proměnlivost intenzity záření
- ↪ vysoké náklady na skladování E
- ↪ vysoké měrné investiční náklady

## Možnosti využití:

- ↪ ohřev vody
- ↪ sušení zemědělských produktů
- ↪ čerpání vody
- ↪ vytápění a klimatizace budov
- ↪ výroba elektřiny
- ↪ tavba kovů

# Využití sluneční energie

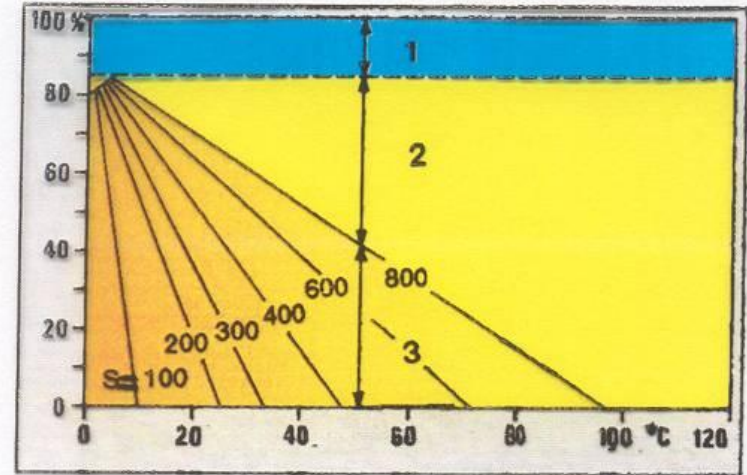
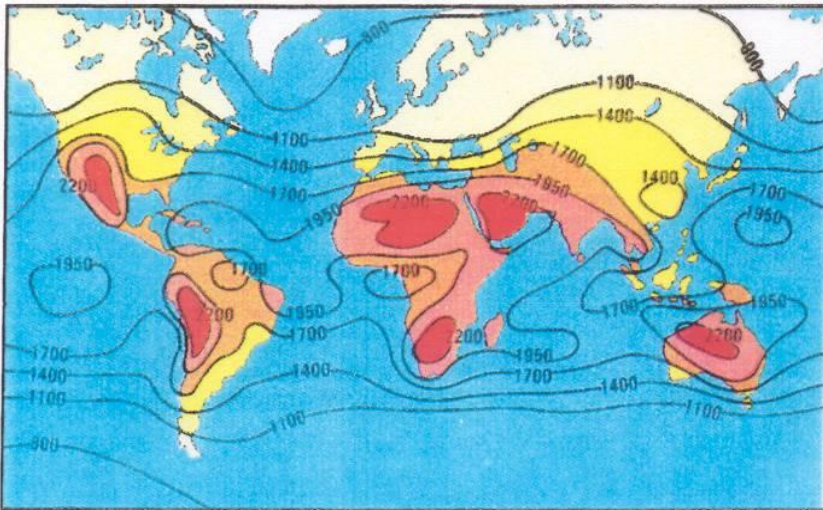


Jaká část výkonu slunečního záření dopadne na zemský povrch?

$3,87 \times 10^{23}$  kW celkový výkon slunečního záření  
 $173 \times 10^{12}$  kW záření dopadající na zemskou atmosféru  
 $52 \times 10^{12}$  kW odraz od atmosféry  
 $81 \times 10^{12}$  kW teplo vyzářené zpět do vesmíru  
 $40 \times 10^{12}$  kW výkon dopadající na zemský povrch

# Využití sluneční energie

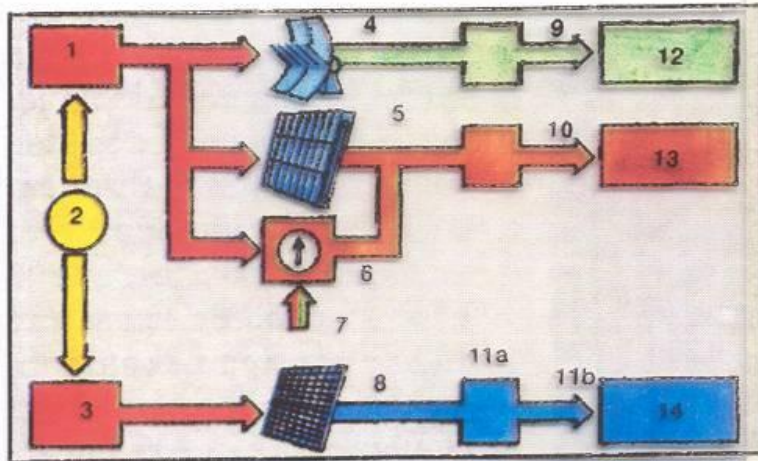
Mapa průměrného ročního slunečního svitu v různých částech světa (v kWh/m<sup>2</sup> za rok). V Československu Slunce svítí na většině míst 1500–1700 hodin za rok, na jihu pak 1700 až 1900 hodin ročně. Za jeden den dopadnou v chladnějších místech 2 až 3 kWh sluneční energie na m<sup>2</sup> plochy, v letních měsících je to 4,5 až 5,5 Wh/m<sup>2</sup>. Průměrné množství energie slunečního svitu za jeden rok je 950 až 1100 kWh/m<sup>2</sup>, tj. okolo 1 TWh na km<sup>2</sup>.



Charakteristika účinnosti plochého kolektoru s jednoduchým zasklením při rozdílné intenzitě dopadu slunečních paprsků  $S$  ( $S = \text{W/m}^2$ ).

Na obrázku jsou jako příklad vyznačeny tepelné ztráty při teplotním rozdílu  $T = 50 \text{ °C}$  a  $S = 800 \text{ W/m}^2$ .  
1 – optické ztráty 2 – tepelné ztráty 3 – užitečný výkon 4 – účinnost 5 – teplotní rozdíl absorbér/vnější vzduch  $T$

# Využití sluneční energie



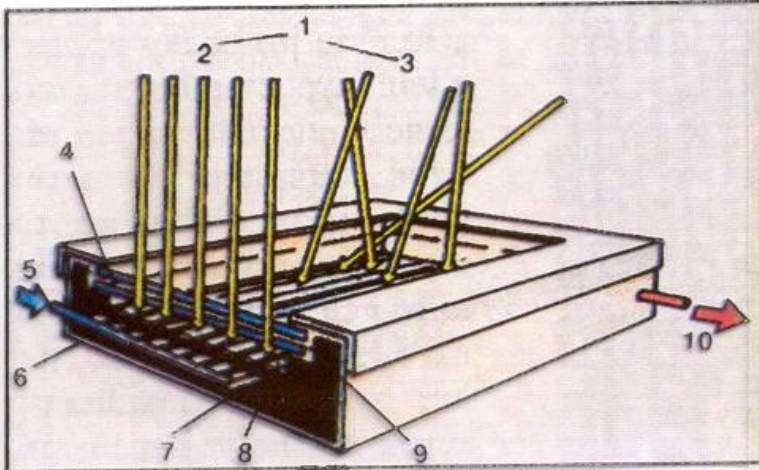
## Různé způsoby využívání sluneční energie:

- 1 - Výroba tepla
- 2 - Slunce
- 3 - Výroba elektřiny
- 4 - Parabolické zrcadlo
- 5 - Sluneční kolektor
- 6 - Tepelné čerpadlo
- 7 - Elektřina nebo plyn
- 8 - Fotovoltaické články
- 9 - Pára
- 10 - Látka k přenosu tepla
- 11a - Přenosové a řídicí systémy
- 11b - Elektřina
- 12 - Vysokopotenciální teplo: průmyslové využití, výroba elektřiny
- 13 - Nízkopotenciální teplo: vytápění místností, příprava teplé vody
- 14 - Elektrický proud, napájení sítě, místní zásobování elektřinou

Stupeň koncentrace	Druh kolektoru	Teplota °	Účinnost%
bez koncentrace	ploché	60 až 200	max. 50
střední konc.	parabolický válec	250 až 700	max. 70
vysoká konc.	paraboloid	650 až 4000	max. 75

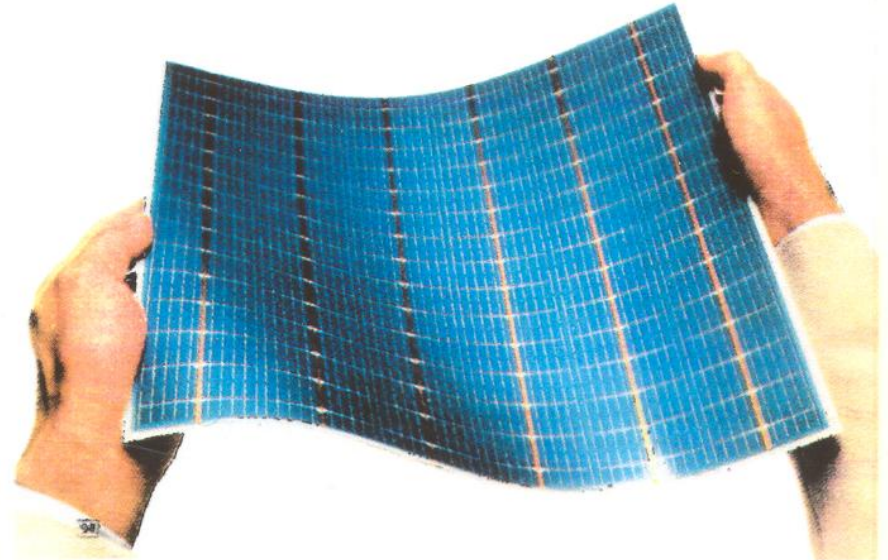
Zařízení	Užití tepla	Zdroj odpadního tepla pro čerpadlo
Prádelny Textilní závody - barvírny papírny Zemědělské provozy	teplá voda teplá voda teplá voda teplá voda, otop vybraných prostorů	odpadní voda z praní odpadní teplá voda odpadní teplá voda odpadní vzduch z chlévů a lhní
Klimatizační zařízení	ohřev čerstvého vzduchu	odcházející znečištěný vzduch
Sušárny	předehřev sušicího vzduchu	odpadní vlhký vzduch ze sušicího procesu
Průmyslové provozy	teplá voda otop	chladič voda s nízkopotenciálním teplem

# Využití sluneční energie



**Princip plochého kolektoru:** 1 – sluneční záření  
2 – přímé 3 – difúzní (rozptýlené) 4 – zakrytí jednou  
nebo dvěma skleněnými tabulemi 5 – vstup teplo-  
nosné látky 6 – rám 7 – tepelná izolace 8 – absor-  
bér 9 – těsnění 10 – výstup teplosné látky

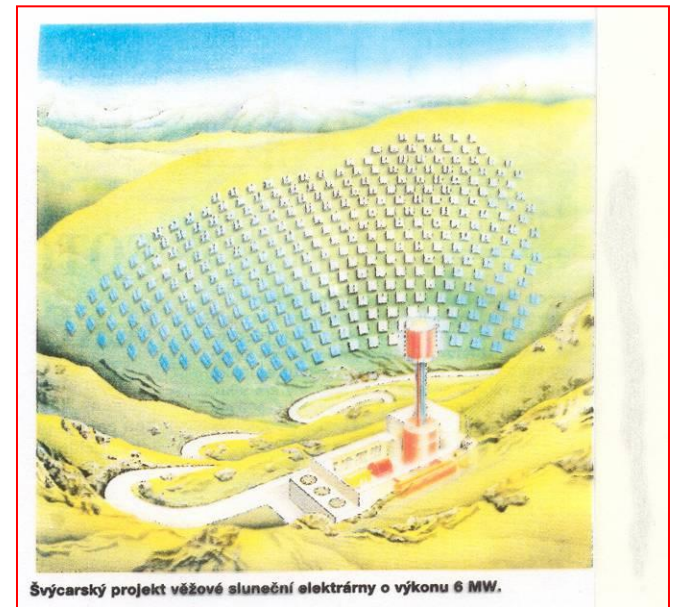
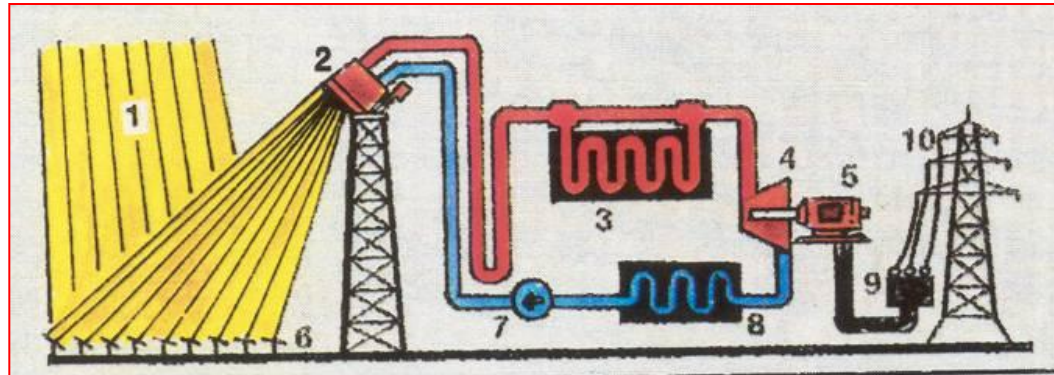
Supertenké ohebné sluneční baterie k nalepení na střechu elektromobi-  
lu, motorového člunu nebo pro přenosnou radiostanici.





# Využití sluneční energie

**Princip tepelné sluneční elektrárny:**  
1 – dopadající sluneční paprsky  
2 – přijímač (kotel)  
3 – zásobník tepla  
4 – turbína  
5 – generátor  
6 – heliostaty (zrcadla)  
7 – čerpadlo napájecí vody  
8 – kondenzátor  
9 – transformátor  
10 – rozvodná síť



# Využití sluneční energie

Největší současná sluneční elektrárna SEGS VIII v Kalifornii s výkonem 30 MW má v naklápěcích rámech celkem 1,5 miliónů zrcadlových desek.



Zavodňovací čerpadlo poháněné elektřinou ze solárního panelu.



Pojízdný sluneční sporák s akumulátorem tepla umožňuje vařit i večer.



Sluneční dům pro 18 rodin v Long Beach v Kalifornii.

# Využití větrné energie



Foto ČEZ

*Foto 7.3* Využití energie větru dnes  
– Větrná elektrárna Mravenečník



Foto Leonard Hobst

*Foto 7.4* Využití energie větru v minulosti  
– De la Mancha (Španělsko)

# Využití větrné energie

## Výhody:

- ↪ žádné palivové náklady
- ↪ minimální vliv na ŽP (narušení vzhledu, nebezpečí pro ptáky)

## Nevýhody:

- ↪ malá výkonová hustota
- ↪ proměnlivá intenzita větru
- ↪ vysoké náklady na skladování

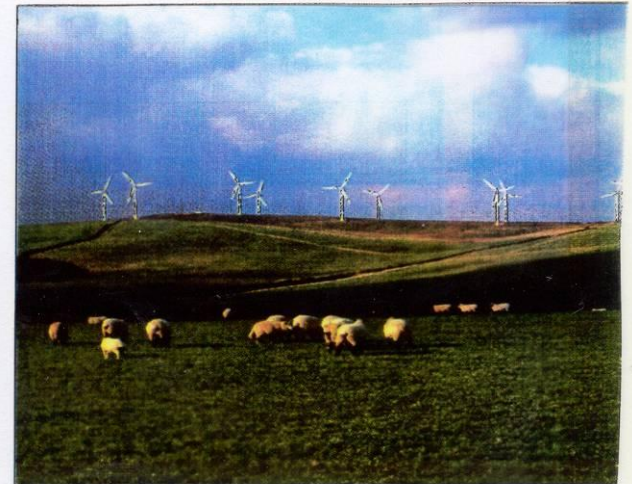
## Možnosti využití:

- ↪ zásobování odlehlých oblastí elektrickou energií (zemědělské farmy v rozvojových zemích)

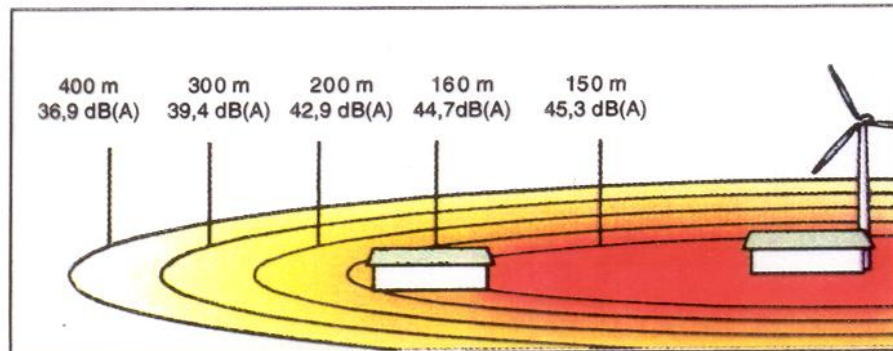
# Využití větrné energie



Byl prvním živel, který se člověku podařilo spoutat a využít jako věčně se obnovující energii.

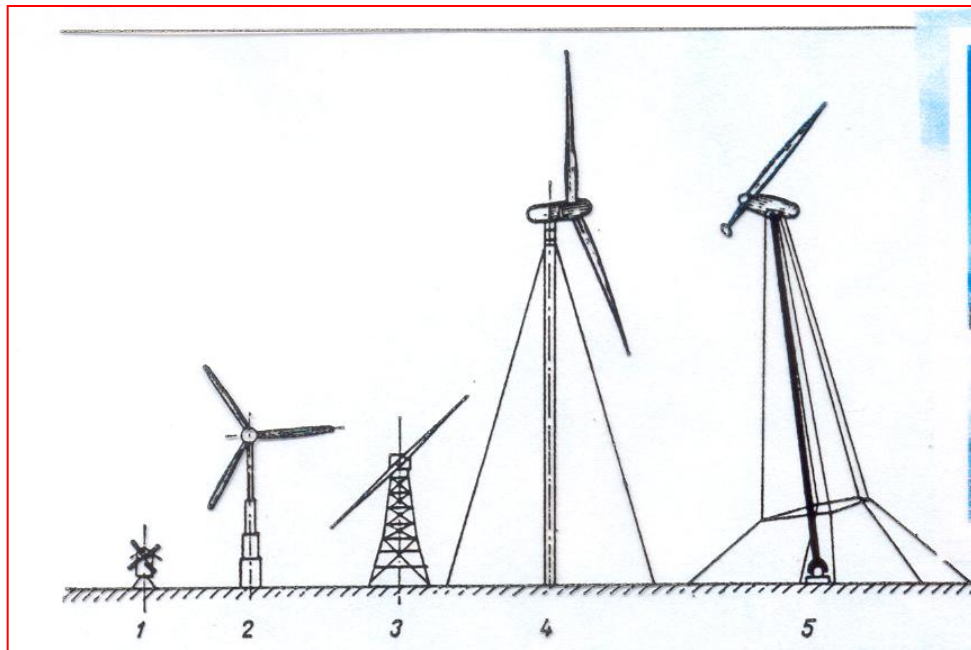


Pohled na větrnou farmu ve Velké Británii

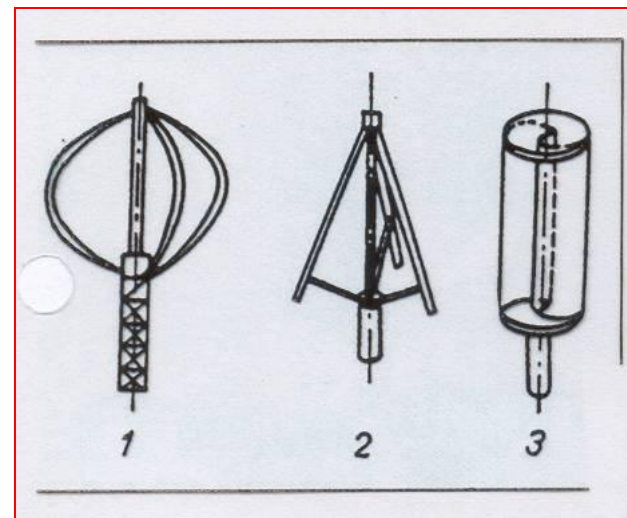


Hlučnost větrné elektrárny vyjádřená hladinou akustického tlaku v různých vzdálenostech. Pro srovnání: 40 až 60 dB odpovídá obvyklé mluvě či živé ulici.

# Využití větrné energie



**Příklady typů větrných elektráren:** 1 - malá větrná elektrárna do výkonu 90 kW 2 - větrná elektrárna TVIND o výkonu 2 MW (Dánsko) 3 - větrná elektrárna v Severní Karolině (USA) 4 - větrná elektrárna GROWIAN o výkonu do 2 až 3 MW (SRN) 5 - jednokřídlová větrná elektrárna budoucnosti, výkon až 10 MW



**Rotory větrných elektráren se svislou osou:**  
1 - typ Darrieus  $\Phi$  2 - typ Darrieus  $\Delta$  3 - typ Savonius



# Využití větrné energie

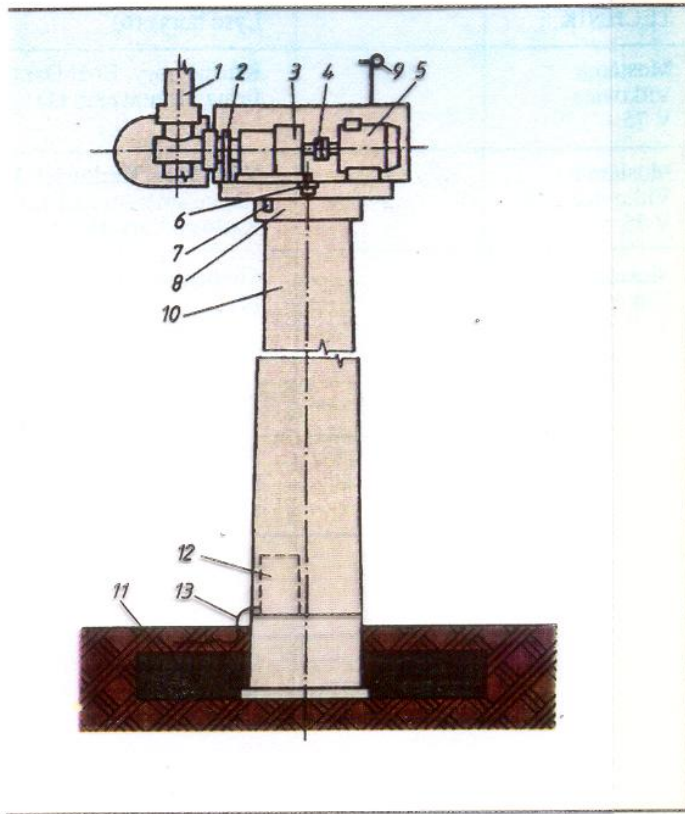
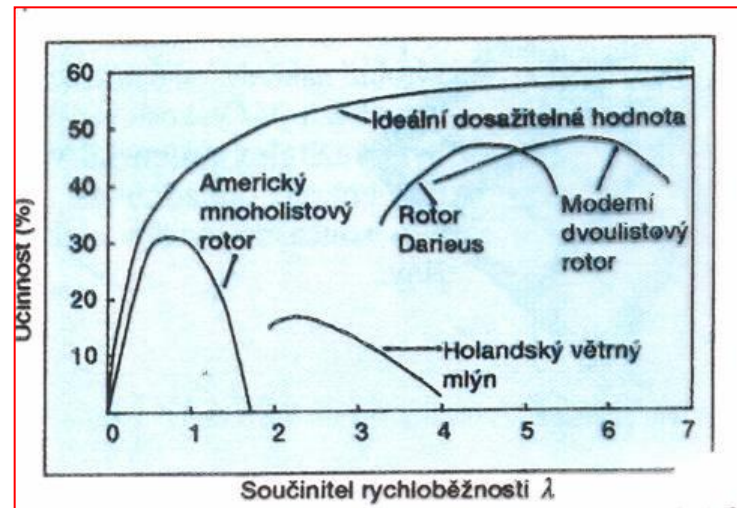
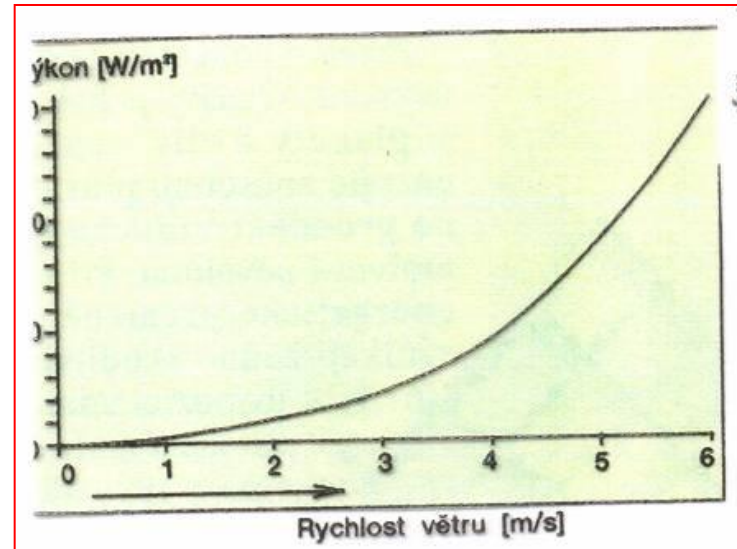


Schéma větrné elektrárny

1 - rotor s rotorovou hlavicí, 2 - brzda rotoru, 3 - planetová převodovka, 4 - spojka, 5 - generátor, 6 - servopohon natačení strojovny, 7 - brzda točny strojovny, 8 - ložisko točny strojovny, 9 - čidla rychlosti a směru větru, 10 - několikadílná věž elektrárny, 11 - betonový armovaný základ elektrárny, 12 - elektrorozvaděče silnoproudého a řídicího obvodu, 13 - elektrická přípojka



# Využití větrné energie

Beaufortova stupnice slouží k odhadování síly větru z projevů jeho účinků na různé předměty. Pro pozorování na pevnině bylo stanoveno 12 stupňů.

Beaufortův stupeň	Označení a rozpoznávací znaky větru	Rychlost	
		(m.s <sup>-1</sup> )	(km.h <sup>-1</sup> )
0	bezvětrí; kouř stoupá kolmo vzhůru	0,0-0,2	1
1	vánek; směr větru je pozorovatelný podle pohybu kouře, vítr však ještě nepůsobí na větrnou korouhev	0,3-1,5	1-5
2	slabý vítr; je cítit v tváři, listí stromů šelestí, obyčejná korouhev se začíná pohybovat	1,6-3,3	6-11
3	mírný vítr; listí stromů a větvičky v trvalém pohybu, vítr napíná praporky a slabě čerří hladinu stojaté vody	3,4-5,4	12-19
4	dost čerstvý vítr; zvedá prach a útržky papíru, pohybuje slabšími větvemi stromů	5,5-7,9	20-28
5	čerstvý vítr; listnaté keře se začínají hýbat, na stojatých vodách se tvoří menší vlnky se zpětnými hřebeny	8,0-10,7	29-38

Beaufortův stupeň	Označení a rozpoznávací znaky větru	Rychlost	
		(m.s <sup>-1</sup> )	(km.h <sup>-1</sup> )
6	silný vítr; pohybuje tlustými větvemi, telegrafní dráty sviští, deštník působí nesnáze	10,8-13,8	39-49
7	prudký vítr; pohybuje celými stromy, znesnadňuje chůzi	13,9-17,1	50-61
8	bouřlivý vítr; ulamuje větve, znemožňuje chůzi proti němu	17,2-20,7	62-74
9	vichřice; způsobuje menší škody na stavbách (strhává komíny a krytiny střech)	20,8-24,4	75-88
10	silná vichřice; vyskytuje se na pevnině zřídka, vyvrací stromy, působí škody na obydlích	24,5-28,4	89-102
11	mohutná vichřice; vyskytuje se velmi zřídka, působí rozsáhlé pustošení	28,5-32,6	103-117
12	orkán; ničivé účinky (odnáší střechy, demoluje těžké objekty)	32,7	118 a více



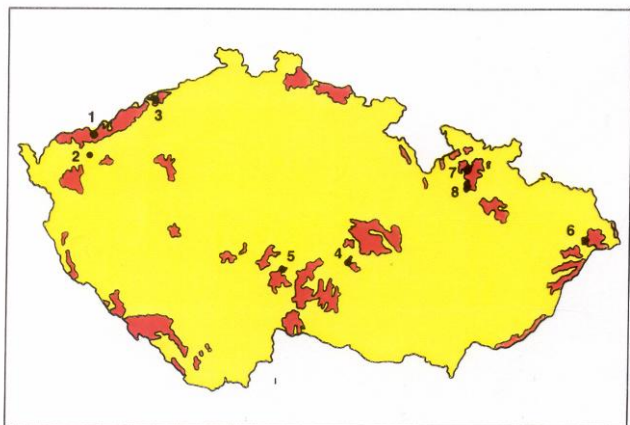
# Využití větrné energie

**Tabulka 7.9**

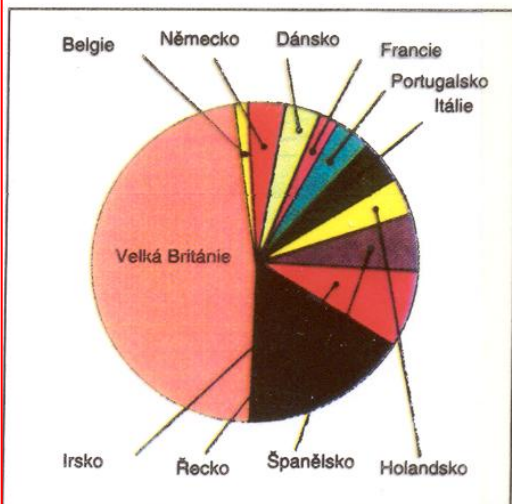
Průměrná rychlost větru podle tříd oblastí a typů krajiny a měrný příkon (na jednotku plochy opisované vrtuli), podle P. Erbana [35]

	Třída oblastí	Rychlost větru (m/s)	Měrný příkon (W/m <sup>2</sup> )
1	chráněná krajina	větší než 6,0	větší než 250
	otevřená krajina	větší než 7,5	větší než 500
	pobřeží moře	větší než 8,5	větší než 700
	otevřené moře	větší než 9,0	větší než 800
	kopce, hřebeny hor	větší než 11,2	větší než 1 800
2	chráněná krajina	5,0 až 6,0	150 až 250
	otevřená krajina	6,5 až 7,5	300 až 500
	pobřeží moře	7,0 až 8,5	400 až 700
	otevřené moře	8,0 až 9,0	600 až 800
	kopce, hřebeny hor	10,0 až 11,5	1 200 až 1 800
3	chráněná krajina	4,5 až 5,0	100 až 150
	otevřená krajina	5,5 až 6,5	200 až 300
	pobřeží moře	6,0 až 7,0	250 až 400
	otevřené moře	7,0 až 8,0	400 až 600
	kopce, hřebeny hor	8,0 až 10,0	700 až 1 200
4	chráněná krajina	3,5 až 4,5	50 až 100
	otevřená krajina	4,5 až 5,5	100 až 200
	pobřeží moře	5,0 až 6,0	150 až 250
	otevřené moře	5,5 až 7,0	200 až 400
	kopce, hřebeny hor	7,0 až 8,5	400 až 700
5	chráněná krajina	menší než 3,5	menší než 50
	otevřená krajina	menší než 4,5	menší než 100
	pobřeží moře	menší než 5,0	menší než 150
	otevřené moře	menší než 5,5	menší než 200
	kopce, hřebeny hor	menší než 7,0	menší než 400

# Využití větrné energie



Využití větrných zdrojů v Evropě



Odhad instalovaného a cílového výkonu větrných elektráren v Evropě

Země	Instalovaný výkon (MW) březen 1993	Cílový výkon (MW) rok 2000-2005
Dánsko	475	1 500
Německo	130	250
Holandsko	110	1 000
Španělsko	45	90
Řecko	18	400
Itálie	7	300

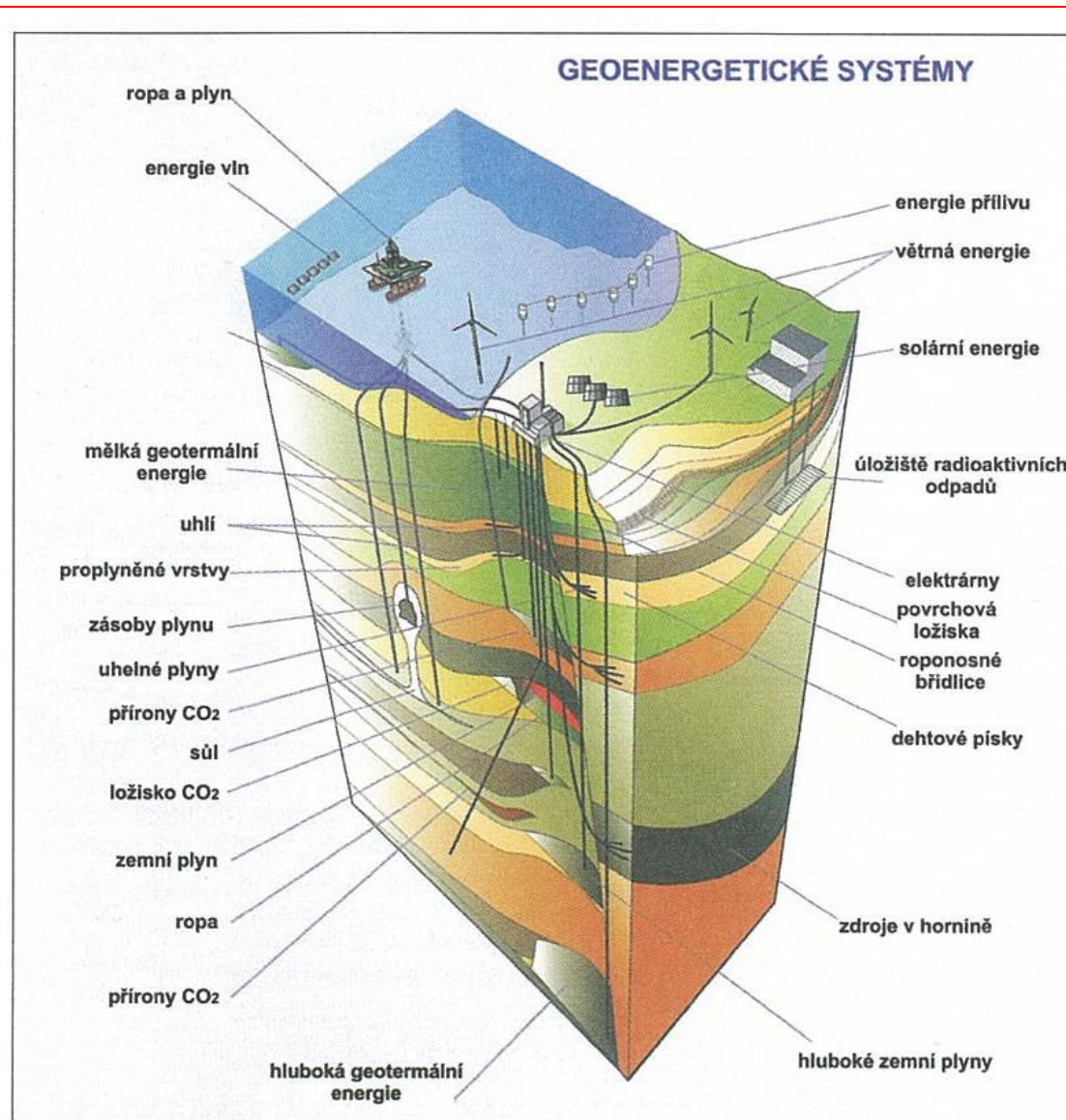
# Využití větrné energie

**Tabulka 7.10**

*Průměrná rychlost větru v některých místech v České republice podle dlouhodobých měření  
Hydrometeorologického ústavu*

Místo	Nadmořská výška (m)	Rychlost větru (m/s)
Benecko	880	4,9
Brno-Tuřany	238	3,2
Litomyšl	360	3,2
Liberec	400	3,1
Jeseník	671	3,1
Hradec Králové	276	2,9
Cheb	474	2,8
Zlín	261	2,3
Praha-Uhřetěves	298	2,2
Havlíčkův Brod	455	1,7
Klatovy	430	1,5
České Budějovice	388	1,4
Ústí nad Labem	155	1,4

# Geoenergetické systémy



*Schematicky zobrazené energetické systémy v zemské kůře.*

# Využití geotermální energie



# Využití geotermální energie

## Výhody:

- ↪ žádné palivové náklady

## Nevýhody:

- ↪ omezený počet vhodných lokalit
- ↪ relativně nízký výkon bloku
- ↪ korozní problémy (obsah chemikálií ve vodě a v páře)
- ↪ emise  $H_2S$ ,  $NH_3$ ....

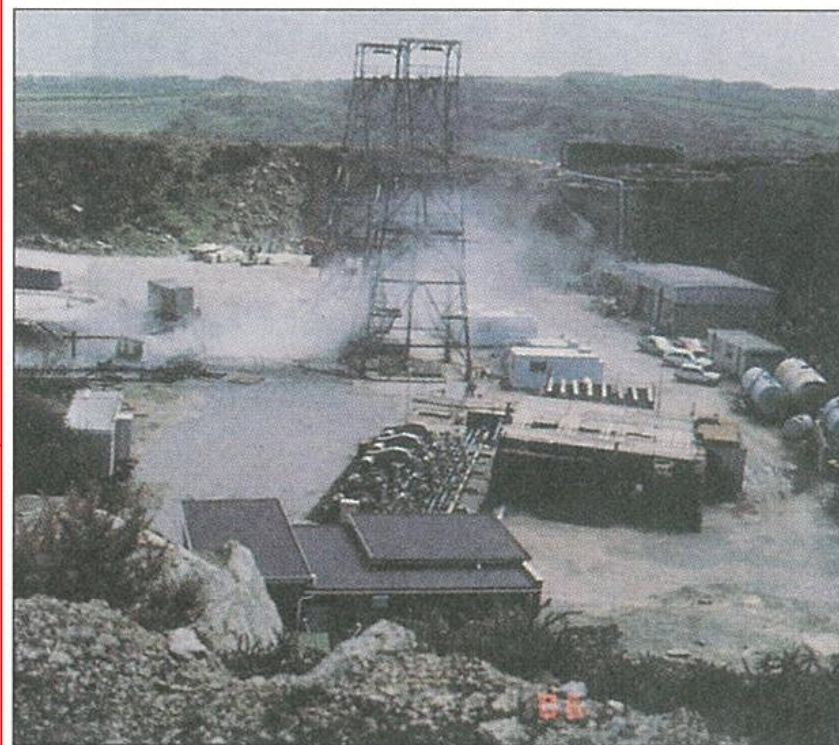
## Možnosti využití:

- ↪ vytápění domů a skleníků
- ↪ výroba elektřiny

# Geotermální pole

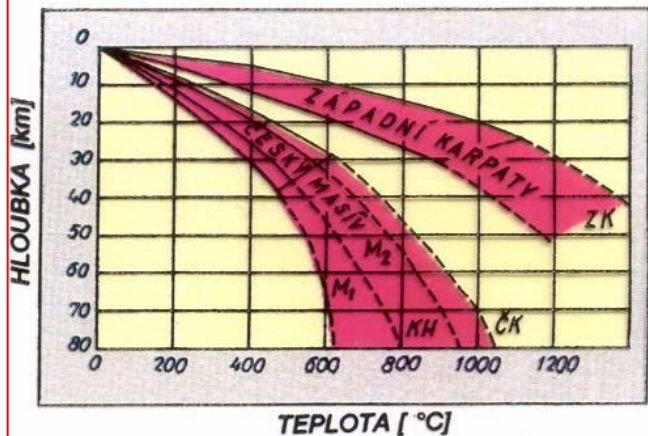


*Geotermální pole The Geysers v Kalifornii.*



*Geotermální pole v britském Cornwallu.*

# Využití geotermální energie



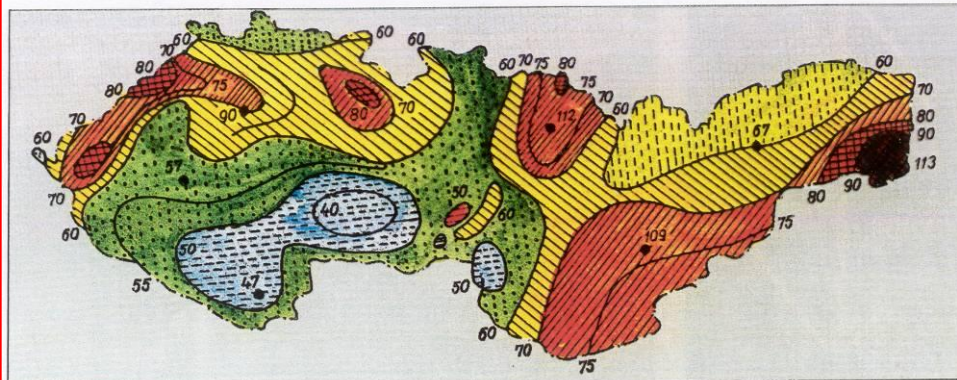
Růst teploty v zemské kůře na území ČSFR.

M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> – pod Českým masívem

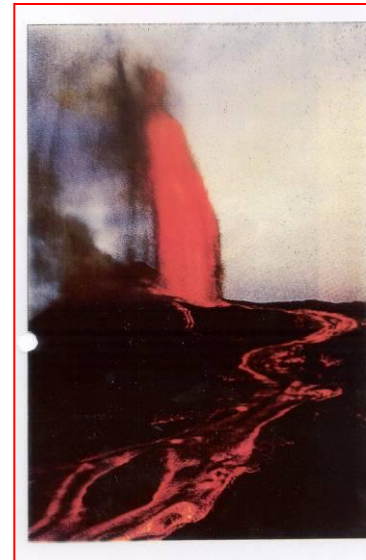
KH – pod Krušnými horami

ČK – pod Českou křídou

ZK – pod Karpaty

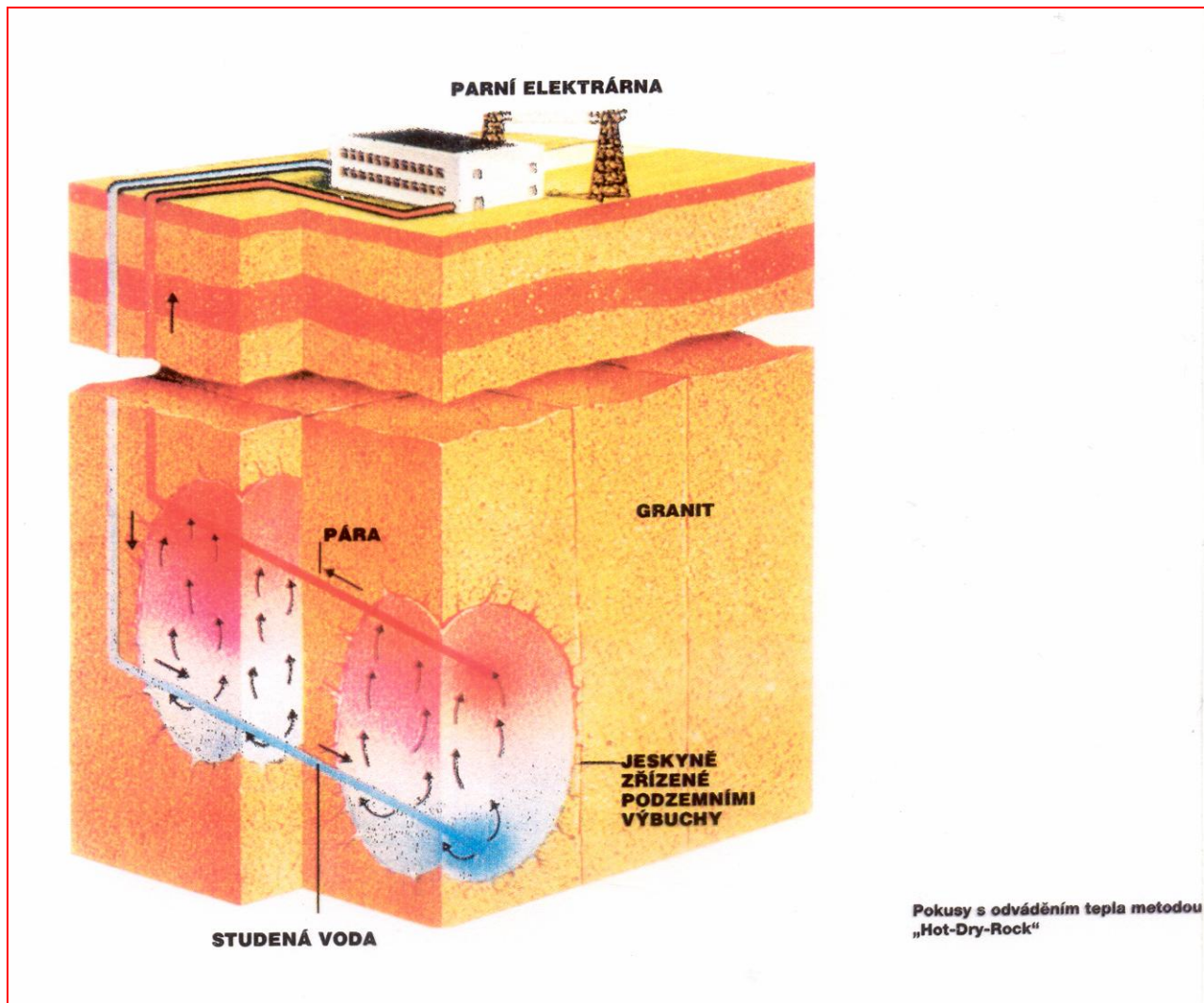


Tepelný výkon geotermálních zdrojů na území ČSFR. Isočary vymezují místa shodné geotermální aktivity (mW/m<sup>2</sup>).





# Využití geotermální energie



# Využití geotermální energie

Zemské teplo jako trvalý zdroj energie

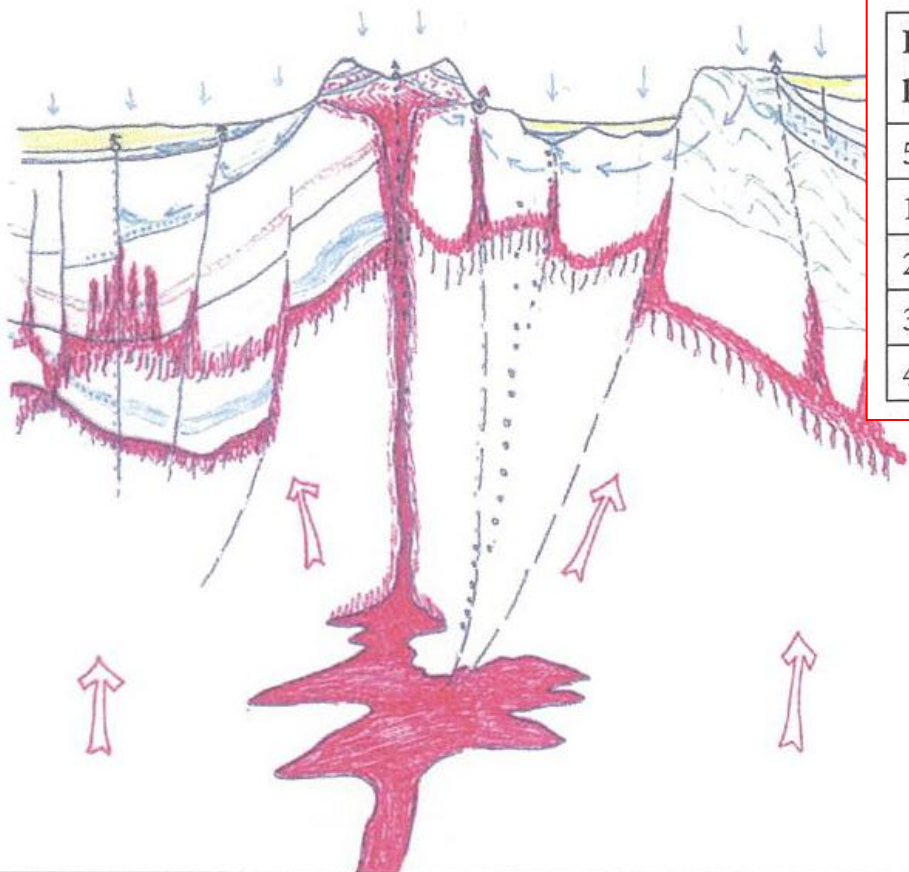


Schéma výstupu zemského tepla z magmatického krbu.

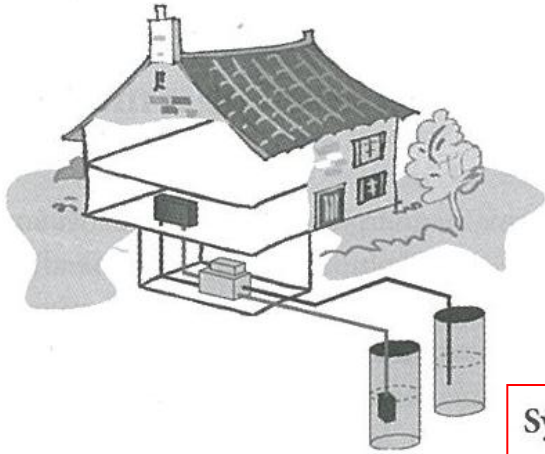
Růst teploty s hloubkou v kontinentální a oceánské kůře

Hloubka pod povrchem	Teplota ve °C	
	uprostřed kontinentu	uprostřed oceánu
50 km	500	750
100 km	750	1100
200 km	1100	1600
300 km	1200	1650
400 km	1400	1750

# Systemy získávání primárních zdrojů zemského tepla

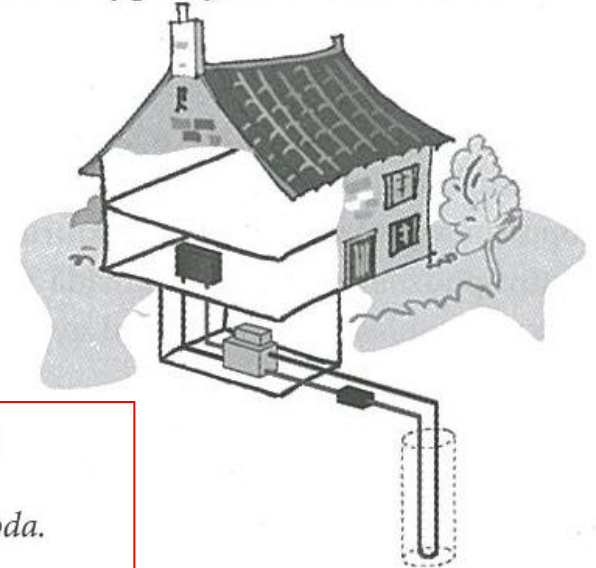
## System voda – voda

Obr. 6 Primární zdroj pro systém voda – voda.



## System země – voda svislý výměník

Obr. 7 Primární zdroj pro systém země – voda.

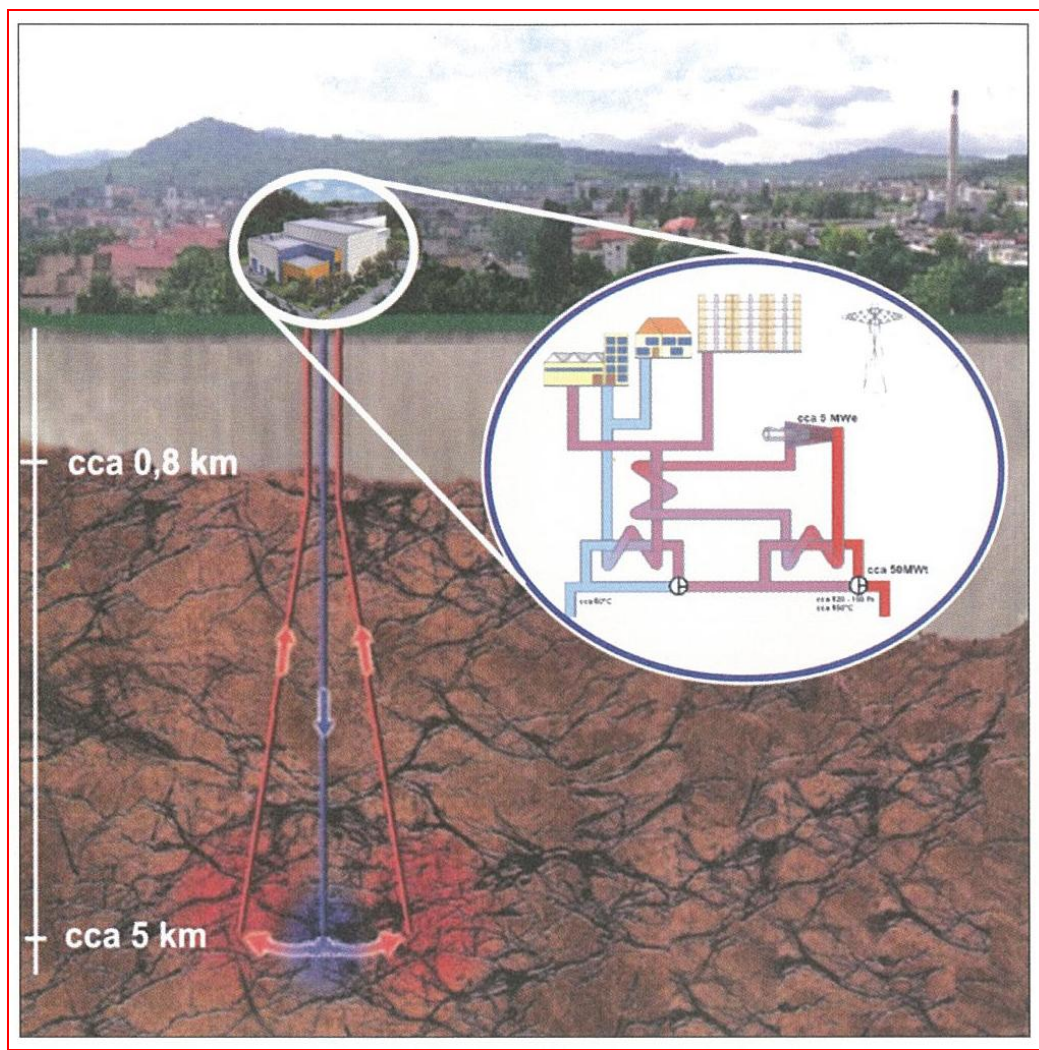


## System země – voda vodorovný výměník

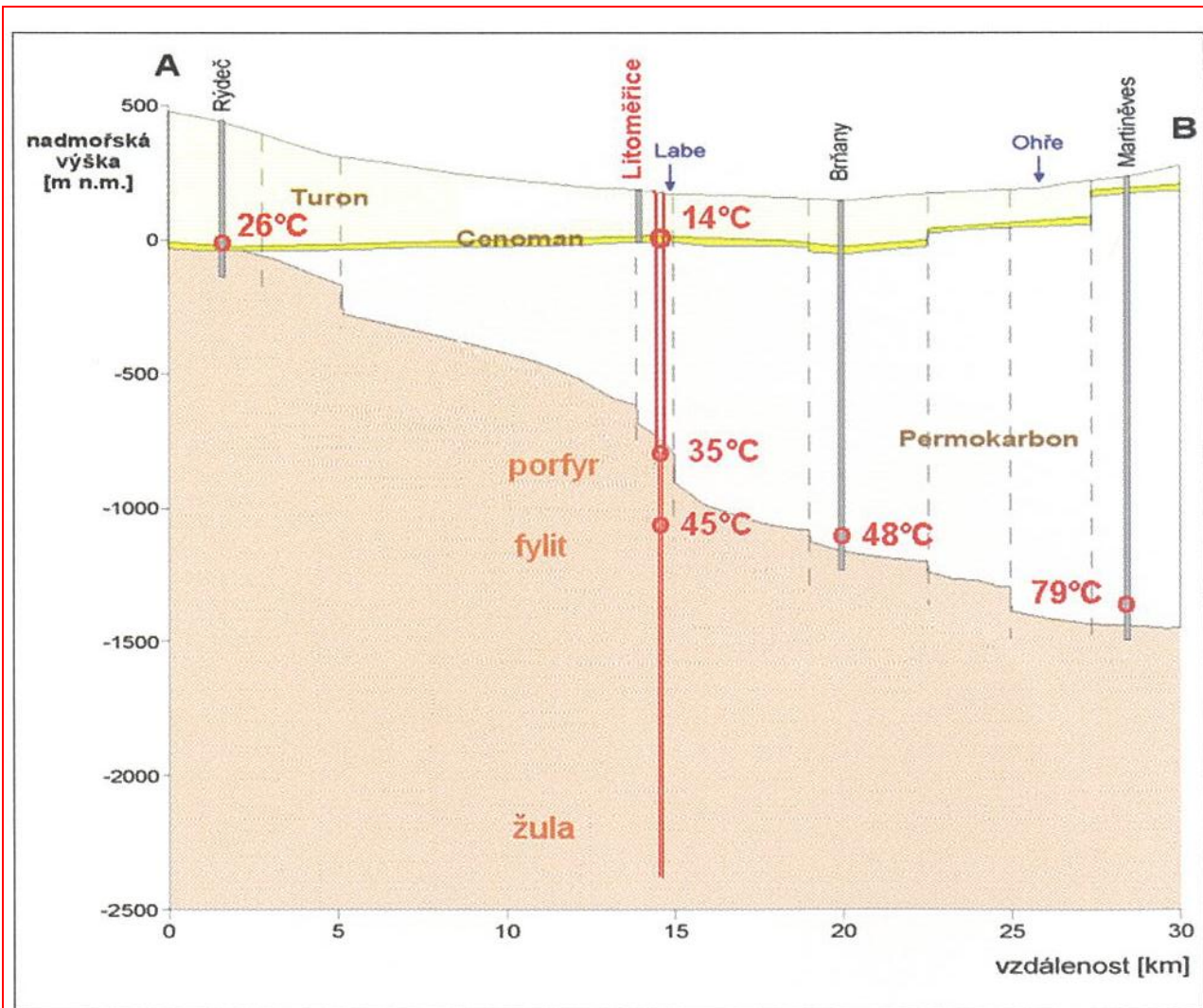
Obr. 8 Primární zdroj pro systém země – voda.



# Systemy získávání primárních zdrojů zemského tepla



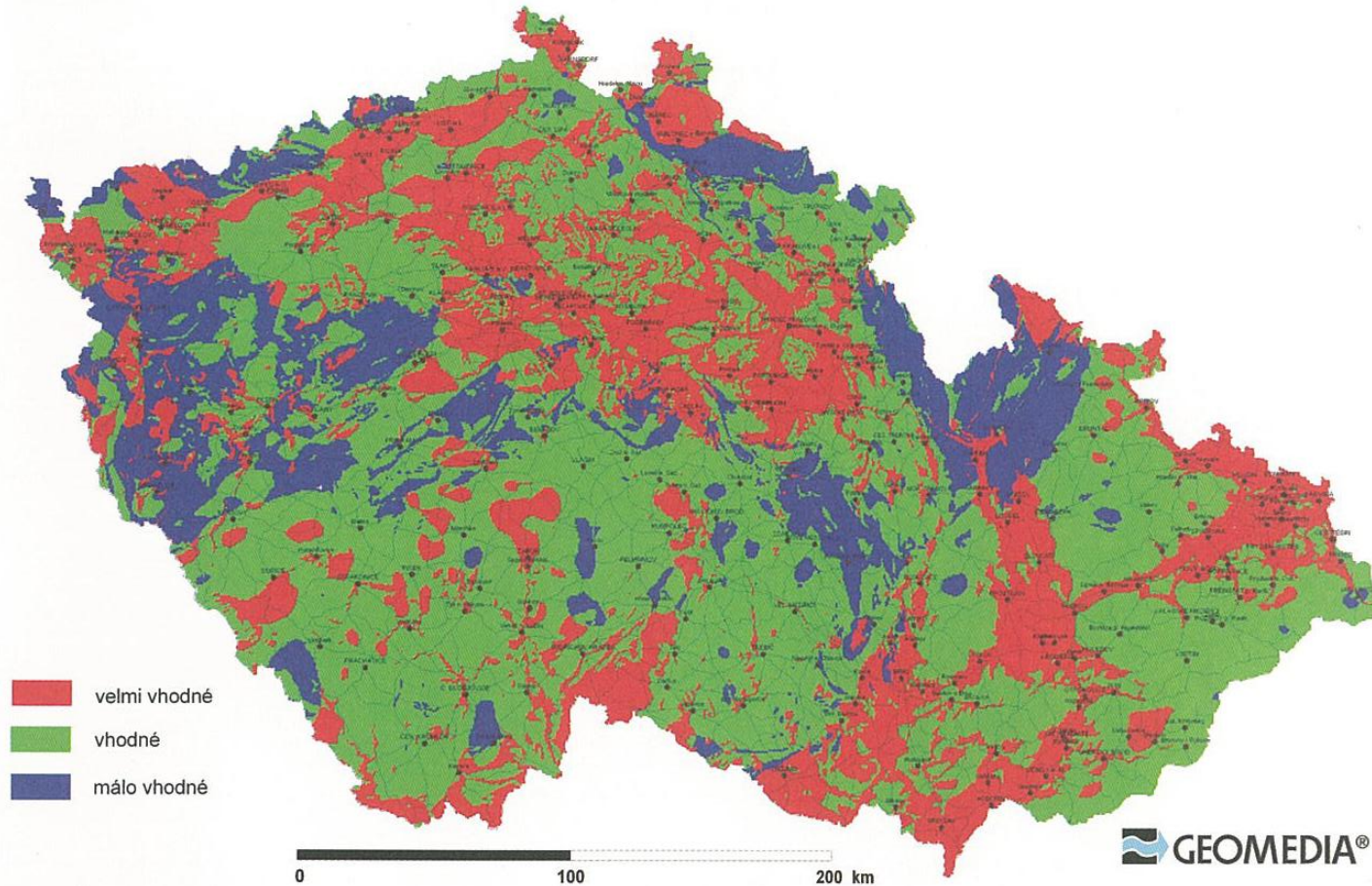
# Systemy získávání primárních zdrojů zemského tepla



Schematicky znázorněné technické a geologické podklady současného projektu na využití zemského tepla v Litoměřicích.

# Plošná klasifikace ČR z hlediska vhodnosti využití zemského tepla

*Plošná klasifikace České republiky z hlediska vhodnosti využití zemského tepla*



# Využití tepelné energie oceánů

## Výhody:

- ↪ žádné palivové náklady
- ↪ čistý zdroj E

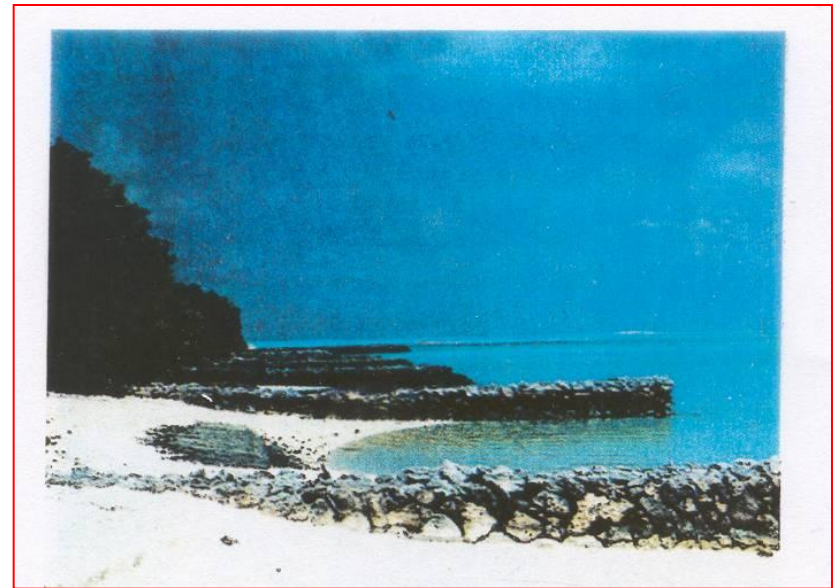
## Nevýhody:

- ↪ nízká účinnost přeměny E
- ↪ korozní problémy zařízení
- ↪ problémy s vývojem velkoplošných výměníků tepla, turbin, čerpadel

## Možnosti využití:

- ↪ výroba elektřiny a její využití na produkci  $H_2$ ,  $N_2$ , U z mořské vody

# Využití tepelné energie oceánů



▲ Zobrazení teplotního rozložení vod na povrchu oceánu (pohled ze satelitu). Oranžová a žlutá barva odhalují víry teplého Golského proudu, zelená a modrá studených proudů. Tyto víry promíchávají sloupce vody až ke dnu a víří usazené kaly.



# Využití kinetické energie oceánů – energie mořských vln

## Výhody:

- ↪ žádné palivové náklady
- ↪ čistý zdroj E

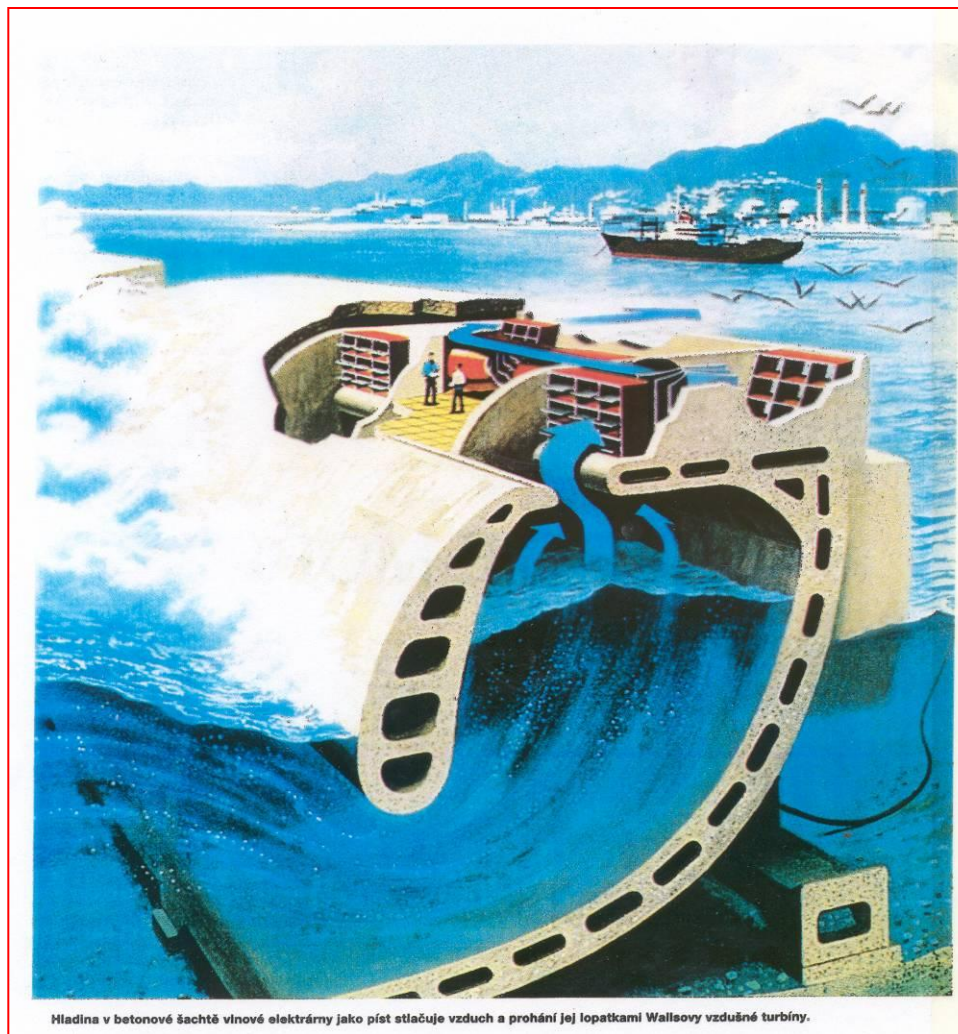
## Nevýhody:

- ↪ malá výkonová hustota

## Možnosti využití:

- ↪ výroba elektřiny a její využití na produkci H<sub>2</sub>, U ....

# Využití kinetické energie oceánů – energie mořských vln



# Využití vodní energie

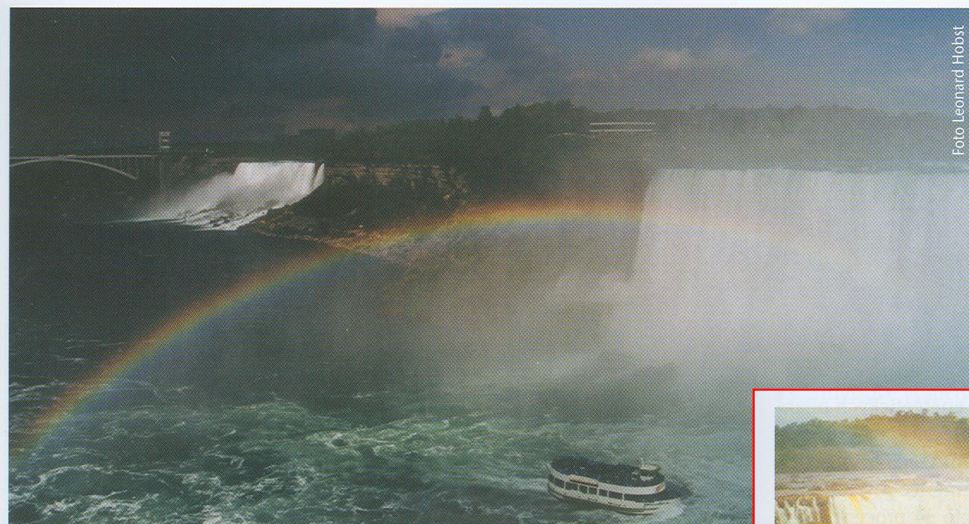


Foto Leonard Hobst

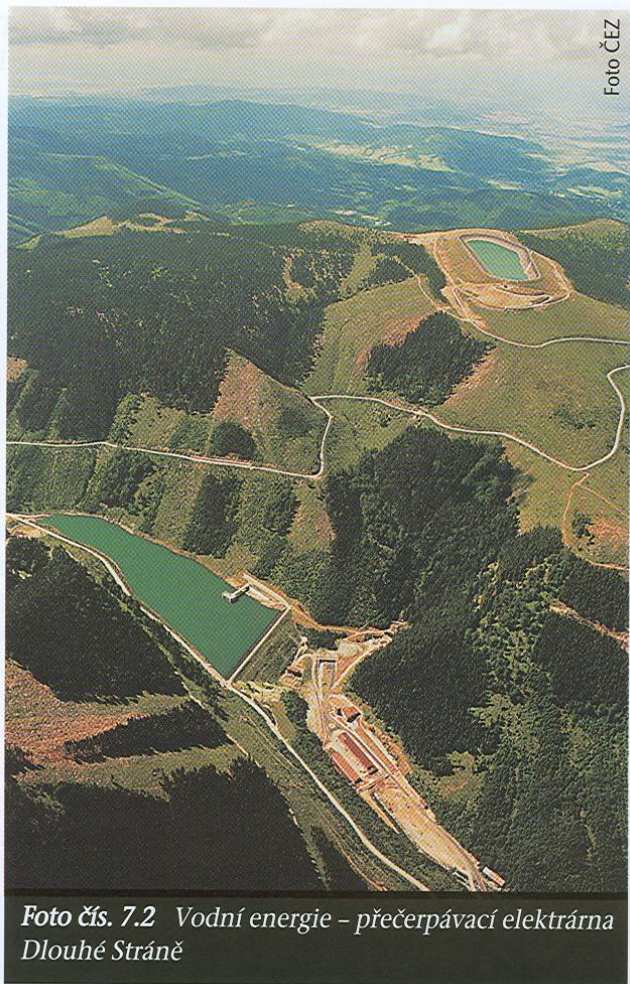
Foto 7.1 Vodní energie – Niagarské vodopády (USA, Kanada)



Foto Leonard Hobst

Foto 2.3 Vodní energie – vodopády Iguatzu (Brazílie)

# Využití vodní energie





INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Inovace tohoto předmětu je spolufinancována  
Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem  
České republiky**